Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 17, No.2, 2025, p. 141-154

The Effect of Vitamin and Mineral Supplement Injection during the Transition Period on Inflammatory and Antioxidant Indices of Dairy Cows

Mohammad Asadi[1*], Reza Kamali[1], Nader Asadzadeh[2]

1- Department of Animal Sciences Research, Agricultural and Natural Resources Research Center of Golestan Province, Gorgan, Iran
2- Animal Science Research Institute of IRAN, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Iran
*Corresponding Author's Email: Mohammad.asadi_s97@gau.ac.ir

Received: 23-02-2025 Revised: 14-04-2025 Accepted: 15-04-2025 Available Online: 29-07-2025	**How to cite this article:** Asadi, M., Kamali, R., & Asadzadeh, N. (2025). The effect of vitamin and mineral supplement injection during the transition period on inflammatory and antioxidant indices of dairy cows. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *17*(2), 141-154. (in Persian with English abstract) https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92312.1239

Introduction: The physiological transition of dairy cows from late pregnancy to early lactation is accompanied by major changes in the utilization of carbohydrates, amino acids, and lipids by adipose tissue, liver, and skeletal muscle, which are in response to the energy deficit of early lactation, resulting from abundant milk production without adequate compensation in feed intake. On the other hand, increased inflammation, oxidative stress, adipose tissue mobilization, and metabolic disorders occur during the transition period. Inflammation is an evolutionarily conserved response that underlies many physiological and pathological processes; in response to stimuli associated with infection and tissue damage, immune components initiate a response and cause inflammation. Among the essential micronutrients, antioxidant supplements such as minerals and vitamins are of particular importance. Minerals and vitamins, which play an important role in the immune system, help fight infections and diseases, and are in a way a modulator of the inflammatory process, play a role in the antioxidant system through their presence in several significant proteins. Considering the importance of a successful transition from the transition period to the lactation period and its effects on animal performance and health, a study was conducted to investigate the effect of vitamin and mineral supplement injections during the transition period on inflammatory and antioxidant indices of dairy cows.

Materials and Methods: For this purpose, 32 cows with an average milk production of 19 ± 2.7 kg, multiple calving (second calving) and a body condition score of 3.5 ± 0.25 were divided into 4 treatments and 8 replications in a completely randomized design at the end of the gestation period. The experimental treatments included: 1) control group (no vitamin and mineral supplement injection), 2) treatment receiving injectable vitamin supplement, 3) treatment receiving injectable mineral supplement, and 4) treatment receiving both injectable vitamin and mineral supplements. Supplements were injected subcutaneously 28 days before calving. The vitamin supplement contained 50,000 IU of vitamin A (palmitate), 25,000 IU of vitamin D3, 21 mg of vitamin E (acetate), 6 mg of vitamin B1, 2 mg of vitamin B2, 5 mg of vitamin B6, 12.5 mg of vitamin B3 (nicotinamide), 3 µg of vitamin B12, 6 mg of di-

https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92312.1239

panthenol, and 2 mg of vitamin C, and its injection dose was 20 ml per cow as recommended by the manufacturer, and the mineral supplement contained 400 mg of calcium bromide gluconate, 22 mg of magnesium hypophosphite, and 2 mg of copper per ml, and its injection dose was 100 ml per cow as recommended by the manufacturer. The cows were examined for health and multiple births before grouping; all animals were healthy and monogamous. To measure blood biochemical metabolites, inflammatory markers, and antioxidant status, blood samples were collected from 6 replicates of each treatment on days 21 before parturition, the day of parturition, and 21 days after parturition.

Results and Discussion: Albumin, globulin and albumin:globulin ratio were affected by the experimental treatments; so that the injection of minerals, vitamins and minerals and vitamins together caused a decrease in albumin and albumin:globulin ratio and an increase in globulin in the blood of cows. The injection of minerals and vitamins had no effect on the parameters of glucose, cholesterol, triglycerides, total protein and urea. On the other hand, time also affected the parameters of glucose, cholesterol, triglycerides, total protein, albumin, globulin and albumin:globulin ratio. Insulin, catalase, cortisol, glutathione peroxidase, malondialdehyde, superoxide dismutase and total antioxidant status were affected by the experimental treatments; So that by injecting minerals, vitamins and minerals and vitamins together, insulin increased and total antioxidant status, catalase, cortisol, glutathione peroxidase, malondialdehyde and superoxide dismutase decreased, and the lowest amount of glutathione peroxidase was for the group receiving minerals and vitamins simultaneously. All hormonal parameters and antioxidant indices were also affected by time. Haptoglobin, serum amyloid A, ceruloplasmin and vitamin D concentrations were affected by the experimental treatments, such that minerals and vitamins decreased the concentrations of haptoglobin, serum amyloid A and ceruloplasmin and increased vitamin D, and the lowest serum amyloid A and ceruloplasmin levels were for the group receiving minerals and vitamins simultaneously. All inflammatory indices were also affected by time. Alkaline phosphatase enzyme activity was affected by the experimental treatments, and minerals and vitamins decreased the activity of this enzyme. Aspartate transaminase and alanine aminotransferase enzymes were not affected by the experimental treatments. Time affected alkaline phosphatase enzyme activity, but other parameters were not affected by time.

Conclusion: Injection of minerals and vitamins in late pregnancy to dairy cows caused a significant effect on the parameters of albumin, globulin, albumin:globulin ratio, insulin, catalase, cortisol, glutathione peroxidase, malondialdehyde, superoxide dismutase, total antioxidant status, haptoglobin, ceruloplasmin, serum amyloid A, vitamin D and alkaline phosphatase in the blood of cows receiving minerals and vitamins compared to the control group. Considering the greater improvement of co-injection of minerals and vitamins on albumin, glutathione peroxidase, serum amyloid A and ceruloplasmin in the blood of the treated cows, simultaneous injection of minerals and vitamins is recommended for cows in late pregnancy.

Keywords: Antioxidant status, Dairy cows, Inflammatory indices, Transition period, Vitamin and mineral supplements

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران

Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴، ص. ۱۵۴-۱۴۱

تأثیر تزریق مکمل‌های ویتامینی و معدنی در دوره انتقال بر شاخص‌های التهابی و آنتی‌اکسیدانی گاوهای شیری

محمد اسدی[1]*، رضا کمالی[1]، نادر اسدزاده[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تزریق مکمل‌های ویتامینی و معدنی در دوره انتقال بر شاخص‌های التهابی و آنتی‌اکسیدانی گاوهای شیری، با استفاده از ۳۲ رأس گاو در اواخر آبستنی با چهار تیمار و هشت تکرار در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) گروه شاهد (عدم تزریق مکمل ویتامینی و معدنی)، ۲) گروه دریافت‌کننده مکمل ویتامینی تزریقی، ۳) گروه دریافت‌کننده مکمل معدنی تزریقی و ۴) گروه دریافت‌کننده مکمل ویتامینی و معدنی تزریقی با هم بود. تزریق در ۲۸ روز قبل زایش به‌صورت زیرجلدی انجام شد. نتایج نشان داد که تزریق مواد معدنی، ویتامین‌ها و مواد معدنی و ویتامین‌ها با هم سبب کاهش آلبومین و نسبت آلبومین:گلوبولین و افزایش گلوبولین خون گاوها گردید. همچنین با تزریق مکمل‌ها، انسولین افزایش و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، کورتیزول، گلوتاتیون پراکسیداز، مالون دی‌آلدئید و سوپراکسیددیسموتاز کاهش یافتند و کم‌ترین مقدار گلوتاتیون پراکسیداز برای گروه دریافت‌کننده هم‌زمان مواد معدنی و ویتامین‌ها بود. دریافت مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب کاهش غلظت هاپتوگلوبین، آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین و افزایش ویتامین D شد و کم‌ترین مقدار آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین برای گروه دریافت‌کننده مواد معدنی و ویتامین‌ها به‌صورت هم‌زمان بود. فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب کاهش فعالیت این آنزیم گردید. آنزیم‌های آسپارتات ترانس آمیناز و آلانین آمینوترانسفراز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. با توجه به بهبود بیشتر تزریق با هم مواد معدنی و ویتامین‌ها بر آلبومین، گلوتاتیون پراکسیداز، آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین خون تیمار دریافت‌کننده، تزریق هم‌زمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: انسولین، آنزیم کبدی، گاو هلشتاین، ویتامین D، هاپتوگلوبین

مقدمه

انتقال فیزیولوژیکی گاوهای شیری از اواخر بارداری به اوایل شیردهی با تغییرات عمده در استفاده از کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه و لیپیدها توسط بافت چربی، کبد و عضله اسکلتی همراه است (Horst *et al.*, 2021) که در پاسخ به کمبود انرژی در اوایل شیردهی، که به‌خاطر تولید شیر فراوان با عدم جبران مناسب در مصرف خوراک ایجاد می‌شود، این تغییرات رخ می‌دهد (McGuckin *et al*., 2023). از طرفی، افزایش التهاب، تنش اکسیداتیو و اختلالات متابولیک در دوره انتقال رخ می‌دهند (Coleman *et al*., 2021). تقاضای بالای مواد مغذی و افت مصرف خوراک سبب توازن منفی انرژی در دام و به‌دنبال آن افزایش اسیدهای چرب غیراستریفه برای فراهمی انرژی برای سلول‌های کبدی می‌شود (Ghasemi *et al.*, 2019). افزایش اسیدهای چرب غیراستریفه (NEFA)[3] پیش از زایمان و بتاهیدروکسی بوتیرات (BHB)[4] پس از زایمان ضمن اختلال

۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران

۲- بخش تحقیقات مدیریت پرورش دام و طیور، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج، ایران

(*- نویسنده مسئول:

(Email: Mohammad.asadi_s97@gau.ac.ir.

https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92312.1239

3- Non-esterified fatty acids

4- Beta-hydroxybutyrate

در عملکرد کبدی، با افزایش پروتئین‌های فاز حاد، التهاب و خطر اندومتریت همراه خواهد بود. افزایش تقاضای اکسیژن جهت سوخت‌وساز و سیتوکین‌های التهابی در پیرامون زایمان منجر به تولید بیش‌ازحد گونه‌های فعال اکسیژنی می‌شود (Allen and Bradford, 2009). عدم توازن گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[1] با توان یا ظرفیت ضداکسیداتیو، تنش اکسیداتیو را به دنبال دارد که عامل آسیب‌رسان اغلب ناهنجاری‌های متابولیک و پاسخ‌های التهابی گاوهای شیری است (Giuliodori *et al*., 2013). التهاب یک پاسخ حفظ‌شده تکاملی است که زمینه‌ساز بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و پاتولوژیک است؛ در پاسخ به محرک‌های مرتبط با عفونت و آسیب بافتی، اجزاء ایمنی پاسخ‌دهی را آغاز کرده و باعث التهاب می‌شوند (Medzhitov, 2008). در حالت ایده‌آل، التهاب به بدن کمک می‌کند تا با محرک‌های نامطلوب سازگار شده و باهدف بازیابی هموستاز بر آن غلبه کند؛ اگرچه افزایش چشمگیر شاخص‌های التهابی می‌تواند باعث ایجاد سندروم آزادسازی سیتوکین و حتی آسیب بافتی شود، التهاب تحت حاد باعث افزایش خفیف واسطه‌های التهابی می‌شود که به تغییرات مزمن و پیش‌رونده در عملکرد بافت کمک می‌کند (Han *et al*., 2020). در پاسخ به محرک‌های التهابی، بیان و آزادسازی واسطه‌های التهابی از جمله سیتوکین‌ها، کموکاین‌ها، ایکوزانوئیدها و پروتئین‌های حاد در بدن اتفاق می‌افتد (Newton and Dixit, 2012). این مولکول‌ها شبکه‌های تنظیمی پیچیده‌ای را برای افزایش جریان خون به بافت آلوده، نفوذ و فعال شدن سلول‌های ایمنی، و پاسخ‌های سیستمیک تشکیل می‌دهند (Nelson *et al*., 2022). یک پاسخ ثانویه کلیدی به التهاب، پاسخ مرحله حاد است. پروتئین‌های فاز حاد که در بیشترین مقدار توسط کبد تولید می‌شوند، عبارت‌اند از هاپتوگلوبین، سرولوپلاسمین، آمیلوئید A سرم و پروتئین واکنش‌گر c (Bradford *et al*., 2015). پروتئین‌های دخیل در پاسخ فاز حاد به‌طور کلی به‌مقدار بسیار کم در جریان خون یافت می‌شوند، امّا غلظت آن‌ها در طول التهاب سیستمیک به‌میزان زیادی افزایش می‌یابد. در همان زمان، غلظت سایر پروتئین‌ها نظیر آلبومین که معمولاً از کبد ترشح می‌شوند، کاهش می‌یابد، بنابراین گاهی اوقات به‌عنوان واکنش‌دهنده فاز حاد منفی شناخته می‌شوند (Ceciliani *et al*., 2012). از راه‌های کاهش التهاب، بهبود تنش اکسیداتیو و سیستم ایمنی، استفاده از مواد مغذی در جیره گاوهای اواخر آبستنی یا تزریق آن‌ها به دام می‌باشد (Abuelo *et al*., 2016; Asadi *et al*., 2024d).

از بین ریزمغذی‌های ضروری، برخی از مواد معدنی و ویتامین‌ها که نقش آنتی‌اکسیدانی دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Panahi Dorche *et al*., 2018). برای مثال، عنصر مس که نقش مهمی در سیستم ایمنی دارد، از طریق حضور در چندین پروتئین قابل‌توجه در سیستم آنتی‌اکسیدانی به مبارزه با عفونت‌ها و بیماری‌ها کمک می‌کند و به‌نوعی تعدیل‌کننده فرآیند التهابی می‌باشد (Weiss, 2010). مس بیشتر در پروتئین سرولوپلاسمین و سوپراکسید دیسموتاز وجود دارد (Gropper *et al*., 2005). علاوه‌بر این، در گاوهای شیری غلظت ویتامین D در دوره بحرانی پس از زایمان کاهش می‌یابد؛ کاهش غلظت ویتامین D ممکن است که واکنش التهابی و تنش اکسیداتیو را افزایش دهد. در دوره انتقال که گاوها در برابر بیماری های متابولیک و تنش اکسیداتیو آسیب‌پذیر هستند و کاهش ویتامین D سرم می‌تواند در این وضعیت نقش داشته باشد، تزریق ویتامین D_3 بر تعدیل پاسخ‌های ایمنی و وضعیت اکسیداتیو/آنتی‌اکسیداتیو در طول دوره گذار گاوهای شیری کمک می‌کند (HassanAbadi *et al*., 2021). ویتامین E، توانایی خنثی کردن ROS را دارد، در نتیجه از پیشرفت التهاب جلوگیری می‌کنند (Bernabucci *et al*., 2005). ازآنجایی‌که غلظت پلاسمایی ویتامین E در طول دوره گذار کاهش می‌یابد، مکمل ویتامین E قبل از زایمان وضعیت آنتی‌اکسیدانی را بهبود می‌بخشد (Bertoni *et al*., 2015). ویتامین A به‌کمک ویتامین C علاوه‌بر کاهش عفونت‌های پستانی و بیماری‌های متابولیکی، به‌صورت غیرمستقیم بر حفظ سطوح مناسب ویتامین E تأثیر گذاشته و باعث بهبود پاسخ سلول‌های ایمنی می‌شوند (Erb *et al*., 2004).

در پژوهشی، تزریق گروه ویتامین‌های B به بزهای اواخر آبستنی باعث افزایش گلوکز و کاهش کلسترول خون آن‌ها شد (Asadi *et al*., 2025). تزریق ویتامین‌های A، D_3 و E به گاوهای شیری در فصل تابستان باعث کاهش غلظت آلبومین و افزایش پروتئین خون آن‌ها شد و بر فعالیت مالون دی آلدئید خون اثری نداشت (Sharokhian Rezaee *et al*., 2015). در پژوهشی دیگر، تجویز ویتامین C به میش‌های تحت استرس، منجر به کاهش سطوح کورتیزول خون شد (Abolghasemi *et al*., 2023). استفاده از شکل‌های مختلف مس در جیره بزها، باعث افزایش غلظت سوپراکسیددیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش غلظت مالون دی آلدئید بزها شد (Shen *et al*., 2021). تزریق ویتامین‌های B کمپلکس به بزها در طول دوره گذار، با کاهش تنش اکسیداتیو، منجر به کاهش تعادل انرژی منفی در بزها شد (Ongan and Yuksel, 2017). تزریق مس به گاوهای شیری دوره انتقال با افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و کاهش بروز ورم پستان همراه بوده است (Suttle, 2010). با توجه به اهمیت گذر موفق از دوره انتقال به دوره شیردهی و تأثیرات آن بر عملکرد و سلامت دام، پژوهشی به‌منظور تأثیر تزریق مکمل‌های ویتامینی و معدنی در دوره انتقال بر شاخص‌های التهابی و آنتی‌اکسیدانی گاوهای شیری انجام شد.

1- Reactive oxygen species

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در پاییز ۱۴۰۳ در مزرعه دامپروری دام نمونه زروان واقع در شهرستان گرگان صورت گرفت. بدین منظور، ۳۲ رأس گاو هلشتاین با میانگین تولید شیر ۲/۷ ± ۱۹ کیلوگرم، چندشکم‌زا (شکم دوم) و نمره وضعیت بدنی ۰/۲۵ ± ۳/۵ در اواخر دوره آبستنی به چهار تیمار و هشت تکرار در قالب طرح کامل تصادفی تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) گروه شاهد (عدم تزریق مکمل ویتامینی و معدنی)، ۲) گروه دریافت‌کننده مکمل ویتامینی تزریقی، ۳) گروه دریافت‌کننده مکمل معدنی تزریقی و ۴) گروه دریافت‌کننده مکمل ویتامینی و معدنی تزریقی با هم بود. تزریق مکمل‌ها در ۲۸ روز قبل زایش به‌صورت زیرجلدی انجام شد. مکمل ویتامینی حاوی ۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A (پالمیتات)، ۲۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۲۱ میلی‌گرم ویتامین E (استات)، شش میلی‌گرم ویتامین B_1، دو میلی‌گرم ویتامین B_2، پنج میلی‌گرم ویتامین B_6، ۱۲/۵ میلی‌گرم ویتامین B_3 (نیکوتینامید)، سه میکروگرم ویتامین B_{12}، شش میلی‌گرم دی پانتنول و دو میلی‌گرم ویتامین C و دُز تزریق آن طبق توصیه شرکت سازنده ۲۰ میلی‌لیتر به‌ازای هر رأس گاو بود و مکمل معدنی که هر میلی‌لیتر آن حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم کلسیم بروگلوکونات، ۲۲ میلی‌گرم منیزیم هیپوفسفیت و دو میلی‌گرم مس بوده و دُز تزریق آن طبق توصیه شرکت سازنده ۱۰۰ میلی‌لیتر به‌ازای هر رأس گاو بود. گاوها پیش از گروه‌بندی از نظر سلامت و چندقلوزایی بررسی شدند، کلیه دام‌ها سالم و تک‌قلوزا بودند. جیره مورد استفاده پیش از زایش و پس از زایش گاوها و مواد مغذی آن‌ها در جدول ۱ آمده است. گاوهای گروه‌های آزمایشی در طول پژوهش به‌طور گروهی نگهداری شده و دو وعده در روز از خوراک مصرفی به‌شکل TMR تغذیه می‌شدند و در طول آزمایش به‌طور آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند.

جهت اندازه‌گیری متابولیت‌های بیوشیمیایی خون، شاخص‌های التهابی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی، از شش تکرار هر تیمار در روزهای ۲۱ پیش از زایش، روز زایش و ۲۱ روز پس از زایش خون‌گیری انجام شد. نمونه‌های خون به داخل لوله‌های حاوی ماده ضدانعقاد (EDTA) منتقل شدند. برای تهیه پلاسما، نمونه‌های خون به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ rpm سانتریفوژ شد و در نهایت، نمونه‌های پلاسما تا زمان آنالیز به ۲۰- درجه سلسیوس منتقل شدند. وضعیت آنتی اکسیدانی کل، سوپراکسیددیسموتاز، مالون دی آلدئید، کاتالاز، و فعالیت آنزیم‌های آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز، گلوکز، کلسترول، اوره، تری گلیسرید، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون و ویتامین D خون با استفاده از کیت الایزا به‌وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (Spect AA220, Variant) اندازه‌گیری شد. غلظت آمیلوئید A سرم و هاپتوگلوبین با کیت الایزا (tridelta) و سرولوپلاسمین با سنجش فعالیت اکسیدازی سرولوپلاسمین به‌روش اسپکتروفوتومتری اندازه‌گیری شدند. غلظت کورتیزول با کیت کورتیزول (مونوبایند، آمریکا) اندازه‌گیری شد و سنجش آنزیمی برای تجزیه و تحلیل انسولین پلاسما با استفاده از کیت‌های (DRG)، (Randox Laboratories Ltd.) توسط یک اسپکتروفوتومتر اتوماتیک (RAL ؛Clima Plus) اندازه‌گیری شد.

در نهایت، اطلاعات حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و هشت تکرار می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده-های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و رویه GLM صورت گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح معنی‌داری پنج درصد استفاده شد.

برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات از مدل آماری زیر (معادله ۱) استفاده شد.

معادله (۱)

$$Yijk = \mu + Ai + Eaik + Bj + ABij + Ebijk$$

که در آن، Yijk: مشاهده مربوط به تیمار i و زمان اندازه‌گیری j در تکرار k، μ: میانگین کلی مشاهده‌ها، Ai= اثر تیمار i ام، Eaik: خطای اصلی، Bj: اثر زمان اندازه‌گیری j ام، ABij: برهم‌کنش تیمار i و زمان اندازه‌گیری j و Ebijk: خطای فرعی است.

نتایج و بحث

تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گاوها در جدول ۲ گزارش شده است. آلبومین، گلوبولین و نسبت آلبومین:گلوبولین تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند؛ به‌طوری‌که تزریق مواد معدنی، ویتامین‌ها و مواد معدنی و ویتامین‌ها با هم سبب کاهش آلبومین و نسبت آلبومین:گلوبولین و افزایش گلوبولین خون گاوها گردید ($P<0.05$). تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها بر پارامترهای گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، پروتئین کل و اوره تأثیری نداشت ($P>0.05$). از طرفی، زمان نیز بر پارامترهای گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین و نسبت آلبومین: گلوبولین تأثیرگذار بود ($P<0.05$). در پژوهشی، تزریق کمپلکس حاوی ویتامین E تأثیری بر گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید و آلبومین گاوها نداشت (Abdolmaleki *et al*., 2018). همچنین، تزریق کمپلکس ویتامینی (AD_3E) تأثیری بر کلسترول، پروتئین و آلبومین گوساله‌ها نداشت (Movahednasab *et al*., 2023). در تضاد با نتایج پژوهش حاضر، تزریق ویتامین D_3 به گاوهای دوره انتقال تأثیری بر گلوبولین خون آن‌ها نداشت (Hassanabadi *et al*., 2021).

جدول ۱- اجزاء جیره و ترکیب شیمیایی

Table 1- Diet components and chemical compositions

اجزاء جیره گاوها بعد از زایش (درصد ماده خشک) Diet Ingredient of Pre-partum (percentage of dry matter)		اجزاء جیره گاوها قبل از زایش (درصد ماده خشک) Diet Ingredient of Post-partum (percentage of dry matter)	
سیلاژ ذرت Corn silage	21.31	سیلاژ ذرت Corn silage	47.50
یونجه Alfalfa	17.04	یونجه Alfalfa	12.75
تفاله چغندرقند Sugar beet pulp	9.74	دانه جو Barley grain	10.08
پنبه‌دانه کامل Whole cottonseed	8.86	دانه ذرت Corn grain	11.49
دانه جو Barley grain	11.76	کنجاله سویا Soybean meal	3.04
دانه ذرت Corn grain	14.34	پودر ماهی Fish powder	1.55
کنجاله گلوتن ذرت Corn gluten meal	1.58	کنجاله کلزا Canola meal	5.42
کنجاله سویا Soybean meal	8.27	کنجاله گلوتن ذرت Corn gluten meal	1.55
پودر ماهی Fish powder	1.73	پنبه‌دانه کامل Whole cottonseed	2.39
بنتونیت Bentonite	0.52	منیزیم سولفات Magnesium sulphate	0.71
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.76	کلسیم کربنات Calcium carbonate	1.36
نمک Salt	0..50	کلرید کلسیم Calcium chloride	0.61
موننسین Monensin	0.25	موننسین Monensin	0.25
مخمر yeast	0.25	مخمر yeast	0.25
مکمل معدنی-ویتامینی[1] Mineral-vitamin supplement [1]	1.64	مکمل معدنی-ویتامینی[1] Mineral-vitamin supplement [1]	1.21
ترکیب شیمیایی Chemical composition		ترکیب شیمیایی Chemical composition	
مواد مغذی جیره Nutrients diet	مقدار Amount	مواد مغذی جیره Nutrients diet	مقدار Amount
انرژی شیردهی (مگاکالری/کیلوگرم ماده خشک) Cow lactation energy (Mcal/kg DM)	1.72	انرژی شیردهی (مگاکالری/کیلوگرم ماده خشک) Cow lactation energy (Mcal/kg DM)	1.61
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	16.10	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	13.67
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	32.20	فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) Neutral detergent fiber (%)	34.60
عصاره اتری (درصد) Ethereal extract (%)	1.94	خاکستر (درصد) Ash (%)	7.92

خاکستر (درصد) Ash (%)	8.08	کلسیم (درصد) Calcium (%)	1.34
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.94	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	0.39
فسفر (درصد) Phosphorus (%)	0.44	منیزیم (درصد) Magnesium (%)	0.68
DCAD (meq/kg)	288	DCAD (meq/kg)	–57

[۱]پرمیکس معدنی-ویتامینی شامل (هر یک کیلوگرم پرمیکس): ۱۴۰ گرم کلسیم، ۲۰ گرم فسفر، ۳۵ گرم منیزیم، ۴۰ گرم کروم، ۴۰ گرم گوگرد، ۱۲۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۸۰۰ میلی‌گرم مس، هشت میلی‌گرم کبالت، ۱۰ میلی‌گرم ید، ۴۰۰ میلی‌گرم آهن، ۱۵ میلی‌گرم سلنیوم، ۳۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۶۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3 و ۴۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E

[1]The mineral and vitamin premix contained (1 kg premix): 140 g Ca, 20 g P, 35 g Mg, 40 g Cr, 40 g S, 1200 mg Mn, 1000 mg Zn, 800 mg Cu, 8 mg Co, 10 mg Iodine, 400 mg Fe, 15 mg Se, 20000 mg vitamin NA, 350000 IU vitamin A, 60000 IU vitamin D_3, 4000 IU vitamin E

جدول ۲- اثر تزریق مواد معدنی و ویتامینی در اواخر آبستنی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون

Table 2- The effect of mineral and vitamin injections in late pregnancy on Biochemical parameters

فراسنجه‌های بیوشیمیایی Biochemical parameters	تیمارهای آزمایشی Exprimental treatments				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح احتمال P-value		
	شاهد Control	مواد معدنی Minerals	ویتامین‌ها Vitamins	مواد معدنی+ویتامین‌ها Min+vit		تیمار Treatment	زمان Time	تیمار×زمان Treatment× time
گلوکز (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Glucose (mg/dL)	70.04	69.58	70.82	68.16	1.097	0.405	<0.001	0.006
کلسترول (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dL)	52.00	51.20	50.86	52.30	0.575	0.286	<0.001	0.748
تری‌گلیسیرید (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Triglyceride (mg/dL)	27.39	27.17	28.15	27.97	0.486	0.549	<0.001	0.032
اوره (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Urea (mg/dL)	29.64	30.57	27.97	30.84	0.614	0.486	0.749	0.848
پروتئین کل (گرم/دسی‌لیتر) Total Protein (g/dL)	7.52	7.59	7.57	7.55	0.055	0.841	<0.001	0.535
آلبومین (گرم/دسی‌لیتر) Albumin (g/dL)	4.57[a]	4.35[b]	4.34[b]	4.28[c]	0.029	<0.001	<0.001	<0.001
گلوبولین (گرم/دسی‌لیتر) Globulin (g/dL)	2.94[b]	3.23[a]	3.23[a]	3.26[a]	0.050	0.001	<0.001	0.076
آلبومین/گلوبولین Albumin:globulin	1.56[a]	1.35[b]	1.35[b]	1.32[b]	0.025	<0.001	0.008	0.001

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد (P>۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly (P<0/05)

SEM: Standard error of means

در پژوهشی، استفاده از ویتامین E خوراکی در جیره گاوها سبب افزایش گلوکز خون شد (Chandra *et al.*, 2014). تزریق کمپلکس ویتامین‌های B_8، B_9، B_{12} تأثیری بر گلوکز دام‌ها در پیش از زایش آن‌ها نداشت (Dupplessis *et al.*, 2022). موافق با نتایج پژوهش حاضر، تزریق ویتامین‌های B_{12} و E به گاوهای اواخر آبستنی تأثیری بر گلوکز، پروتئین کل، تری‌گلیسیرید و کلسترول در زمان‌های پیش از زایش، روز زایش و پس از زایش نداشت (Mousavi *et al.*, 2022). از طرفی، تزریق کمپلکس ویتامینی (AD_3E) به میش‌های اواخر آبستنی تأثیری بر کلسترول و تری‌گلیسیرید آن‌ها نداشت، امّا سبب افزایش گلوکز و پروتئین کل خون میش‌ها گردید (Shahbazi *et al.*, 2024). تزریق کمپلکس معدنی-ویتامینی به گاوهای اواخر آبستنی تغییری در فراسنجه‌های بیوشیمیایی پیش از زایش آن‌ها

ایجاد نکرد، امّا سبب افزایش گلوکز و تری‌گلیسیرید گاوها پس از زایش شد (Asadi *et al.*, 2021). در دوره انتقال، پروتئین‌هایی نظیر آلبومین که معمولاً از کبد ترشح می‌شوند به‌عنوان نشانگرهای التهابی و پروتئین‌های فاز حاد منفی پذیرفته شده‌اند (Ceciliani *et al.*, 2012). همچنین کاهش نسبت آلبومین:گلوبولین نشان‌دهنده کاهش اثر تنش‌ها و التهاب می‌باشد که می‌توان نتیجه گرفت با کاهش آلبومین خون باعث کاهش استرس و بهبود پاسخ سیستم ایمنی می‌شوند (Movahednasab *et al.*, 2023).

تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی بر فراسنجه‌های هورمونی و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی گاوها در جدول ۳ گزارش شده است. انسولین، کاتالاز، کورتیزول، گلوتاتیون پراکسیداز، مالون دی‌آلدئید، سوپر اکسیددیسموتاز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند، به‌طوری‌که با تزریق مواد معدنی، ویتامین‌ها و مواد معدنی و ویتامین‌ها با هم، انسولین افزایش و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، کورتیزول، گلوتاتیون پراکسیداز، مالون دی‌آلدئید و سوپراکسیددیسموتاز کاهش یافتند و کم‌ترین مقدار گلوتاتیون پراکسیداز برای گروه دریافت‌کننده همزمان مواد معدنی و ویتامین‌ها بود (P<0.05). تمام فراسنجه‌های هورمونی و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر زمان نیز قرار گرفتند (P<0.05). همسو با پژوهش حاضر، کمپلکس مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب کاهش کورتیزول پلاسما در گاوهای شیری گردید (Khan *et al.*, 2024). در پژوهشی، تزریق ویتامین B کمپلکس به بزهای اواخر آبستنی، افزایش سوپراکسیددیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز و کاهش وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش کورتیزول در هنگام زایش و پس از زایش نسبت به گروه شاهد را به همراه داشت (Asadi *et al.*, 2024a). تزریق کمپلکس ویتامینی (AD_3E) تأثیری بر ظرفیت آنتی اکسیدانی تام گوساله‌ها نداشت (Movahednasab *et al.*, 2023). تزریق ویتامین D_3 به گاوهای دوره انتقال تأثیری بر سوپراکسیددیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز خون آن‌ها نداشت (Hassanabadi *et al.*, 2021). با تزریق مواد معدنی، ویتامین‌ها و هر دو با هم به گاوهای دوره انتقال، افزایش سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز نسبت به گروه شاهد مشاهده شد (Somagond *et al.*, 2023). در گاوهای اواخر آبستنی دریافت‌کننده ویتامین‌ها، کاهش مالون دی آلدئید و افزایش وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، سوپراکسیدیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز اتفاق افتاد (Khan *et al.*, 2024). با تزریق کمپلکس مواد معدنی، گلوتاتیون پراکسیداز تیمار دریافت‌کننده پس از زایش، بیشتر از گروه شاهد گزارش شد (Bates *et al.*, 2025). مکمل حاوی ویتامین A و E سبب کاهش تنش اکسیداتیو و سطوح کورتیزول و پاسخ ایمنی بالاتر در گاو شیری پس از زایمان شد (Alhussien *et al.*, 2021). تزریق کمپلکس ویتامینی (AD_3E) به میش‌های اواخر آبستنی سبب افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی، سوپراکسیددیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاهش مالون دی آلدئید میش‌ها شد (Shahbazi *et al.*, 2024). تزریق کمپلکس معدنی–ویتامین به گاوهای اواخر آبستنی سبب افزایش گلوتاتیون پراکسیداز آن‌ها در قبل و بعد از زایش نسبت به گاوهای گروه شاهد شد (Asadi *et al.*, 2021). تزریق مواد معدنی به گاوهای شیری تغییری در فعالیت سوپراکسیددیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز آن‌ها ایجاد نکرد (Silva *et al.*, 2022).

در گاوهای دوره انتقال، خطر تنش اکسیداتیو افزایش می‌یابد، سازوکارهای آنزیمی آنتی‌اکسیدانی با حذف رادیکال‌های آزاد، گونه‌های فعال اکسیژن و محصولات تخریبی حاصل از آن‌ها سبب جلوگیری از تنش اکسیداتیو، آسیب بافتی و بهبود پاسخ ایمنی در مقابل التهاب و تنش‌ها می‌شوند (Toghdory *et al.*, 2023). از مهم‌ترین مواد مغذی بهبوددهنده فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند (Asadi *et al.*, 2024b). ویتامین E، برای بهبود توانایی سلول‌ها در خنثی کردن ROS مهم است و در نتیجه از پیشرفت به‌سمت التهاب جلوگیری می‌کند (Bernabucci *et al.*, 2002). عنصر مس برای تعدادی از آنزیم‌های درگیر در متابولیسم انرژی یا آنتی‌اکسیدانی و برای پروتئین‌های انتقال الکترون مورد نیاز است (Wysocka *et al.*, 2019). سوپراکسیددیسموتاز از آنزیم‌های حاوی مس است که فعالیت ضدالتهابی دارد و کاهش و تضعیف پاسخ ایمنی فعالیت متالوآنزیم مس، سوپراکسید دیسموتاز را کاهش می‌دهد (Kegley *et al.*, 2016). سوپراکسیددیسموتاز از آسیب بافت اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های سوپراکسید جلوگیری می‌کند. اختلال در فعالیت میکروب‌کش نیز ممکن است که نتیجه مستقیم کاهش غلظت رادیکال‌های پراکسید هیدروژن تولیدشده توسط کاهش رادیکال‌های سوپراکسید با واسطه سوپراکسید دیسموتاز باشد. غلظت ویتامین D سرم در دوره انتقال، به‌ویژه در اوایل شیردهی که گاوهای شیری بیشتر مستعد ابتلا به بیماری و استرس متابولیک هستند، کاهش می‌یابد (Holcombe *et al.*, 2018). کاهش غلظت ویتامین D ممکن است که واکنش التهابی و تنش اکسیداتیو را افزایش دهد. از طرفی، ویتامین D می‌توانند با تأثیر بر افزایش گلوتاتیون پراکسیداز درون‌سلولی، شرایط مناسبی در برابر تنش اکسیداتیو مهیا کند (Sordillo and Aitken, 2009). از کورتیزول به‌عنوان سرکوب‌کننده سیستم ایمنی نام برده می‌شود (Abdelnour *et al.*, 2019). غلظت بالای کورتیزول با مهار عملکرد و تولید آنتی‌بادی‌ها و همچنین کاهش تعداد و فعالیت لنفوسیت‌ها، سرکوب‌کننده سیستم ایمنی است و ریزمغذی‌ها می‌توانند سبب کاهش کورتیزول و بهبود پاسخ ایمنی به‌هنگام تنش و التهاب گردند (Kafilzadeh *et al.*, 2012). پاسخ غلظت انسولین به مواد معدنی و ویتامین‌ها تا حدی می‌تواند به کاهش سطح کورتیزول خون نسبت

داده شـود (Khansari *et al.*, 1990)، کـورتیزول و انسـولین بـه‌طور متضاد بر متابولیسم عمل کرده و ریزمغذی‌ها پتانسیل افـزایش سـطح انسولین را دارند، پس این آنتاگونیست و تغییر متابولیسم عمومی بـدن توسط مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب بهبود فرآیندهای تولید، تکثیـر و فعال‌سـازی سـلول‌های ایمنـی و همچنـین مقاومـت بـدن در برابـر بیماری‌ها شود (Asadi *et al.*, 2024c).

جدول ۳- اثر تزریق مواد معدنی و ویتامینی در اواخر آبستنی بر فراسنجه‌های هورمونی و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی

Table 3- The effect of mineral and vitamin injections in late pregnancy on hormonal parameters and antioxidant indices

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی Exprimental treatments				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح احتمال P-value		
	شاهد Control	مواد معدنی Minerals	ویتامین‌ها Vitamins	مواد معدنی+ویتامین‌ها Min+vit.		تیمار Treatment	زمان Time	تیمار×زمان Treatment× time
انسولین (نانوگرم/میلی‌لیتر) Insulin (ng/ml)	13.03[b]	14.10[a]	14.56[a]	14.18[a]	0.197	0.002	0.001	0.133
کاتالاز (واحد/میلی‌گرم) Catalase (U/mg)	21.87[a]	16.46[b]	15.12[b]	14.15[b]	0.295	<0.001	<0.001	<0.001
کورتیزول (میکروگرم/دسی‌لیتر) Cortisol (mg/dl)	9.68[a]	6.42[b]	5.84[b]	5.39[b]	0.218	<0.001	<0.001	<0.001
گلوتاتیون پراکسیداز (واحد/میلی‌گرم) Gultation peroxidase (U/mg)	44.11[a]	40.02[b]	39.26[b]	37.35[c]	0.394	<0.001	<0.001	<0.001
مالون دی‌آلدئید (نانومول/میلی‌لیتر) Malondialdehyde (nmol/ml)	6.67[a]	6.16[b]	5.98[b]	5.89[b]	0.050	<0.001	<0.001	<0.001
سوپراکسید دیسموتاز (میلی‌گرم/واحد) Superoxide dismutase (U/mg)	30.70[a]	25.83[b]	25.83[b]	24.50[b]	0.345	<0.001	<0.001	<0.001
وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل (میلی‌مول/لیتر) Total antioxidant status (mmol/l)	0.91[a]	0.79[b]	0.78[b]	0.77[b]	0.014	<0.001	<0.001	0.001

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد (P>۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly (P<0/05).

SEM: Standard error of means

تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی بـر شاخص‌های التهابی گاوها در جدول ۴ گزارش شـده اسـت. غلظـت هاپتوگلوبین، آمیلوئید A سرم ، سرولوپلاسـمین و ویتـامین D تحـت تأثیر تیمارهـای آزمایشـی قـرار گرفتنـد، به‌طوری‌کـه مـواد معـدنی و ویتامین‌هـا سـبب کـاهش غلظـت هـاپتوگلوبین، آمیلوئیـد A سـرم و سرولوپلاسمین و افزایش ویتامین D شد و کم‌ترین مقدار آمیلوئیـد A سـرم و سرولوپلاسـمین بـرای گـروه دریافت‌کننـده مـواد معـدنی و ویتامین‌ها به‌صورت همزمان بود (*P*<0.05). کلیه شاخص‌های التهابی تحت تأثیر زمان نیز قرار گرفتند (*P*<0.05). همسو با پژوهش حاضر، استفاده از قرص آهسـته‌رهـش مـس در دوره انتقـال میش‌هـا سـبب افزایش سرولوپلاسـمین آن‌هـا نسـبت بـه گـروه شـاهد شـد (Nasr Chaleshtori *et al.*, 2021). همچنـین اسـتفاده از مکمـل مـس در جیره بره‌های پرواری سـبب افـزایش غلظـت سرولوپلاسـمین آن‌هـا گردید (Senthilkumar *et al.*, 2009). بااین‌حـال، تزریـق ویتـامین D_3 به گاوهای دوره انتقال، تأثیری بر ویتامین D و هاپتوگلوبین خون آن‌ها نداشـت (Hassanabadi *et al.*, 2021). مخـالف بـا نتـایج پژوهش حاضر، تزریق کمپلکس مواد معدنی تغییـری در هـاپتوگلوبین گاوهای شیری ایجاد نکرد (Silva *et al.*, 2022). یک پاسـخ ثانویـه کلیدی به التهاب، پاسخ مرحله حاد است. پروتئین‌هـای فـاز حـاد کـه توسط کبد در بیشترین مقدار تولید می‌شوند، عبارت‌اند از هاپتوگلوبین،

سرولوپلاسمین، آمیلوئید A سرم و پروتئین واکنش‌گر C. پروتئین‌های دخیل در پاسخ فاز حاد به‌طور کلی به‌مقدار بسیار کم در جریان خون یافت می‌شوند، امّا غلظت آن‌ها در طول التهاب سیستمیک به‌میزان زیادی افزایش می‌یابد. با عبور از دوره انتقال و بروز تنش و التهاب، مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب افزایش فراهمی مواد اولیه برای تولید پروتئین‌های فاز حاد می‌گردند و بدین ترتیب مقدار بیشتری از هاپتوگلوبین، آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین در خون گاوها مشاهده می‌شود (Bradford *et al*., 2015). نقش مس در خون‌سازی از طریق سرولوپلاسمین انجام می‌گیرد و فعالیت ضدالتهابی دارد (Kegley *et al*., 2016). همچنین سرولوپلاسمین باعث تسهیل اتصال آهن به پروتئین ذخیره‌ای فریتین می‌شود و می‌تواند از طریق جمع‌آوری آهن آزاد و حذف رادیکال‌های آزاد در دفاع آنتی‌اکسیدانی نقش داشته باشد (Suttle, 2010). با کاهش غلظت ویتامین D در دوره انتقال، واکنش التهابی و تنش اکسیداتیو افزایش می‌یابد و با استفاده از مکمل‌ها از افت ویتامین D در خون جلوگیری می‌شود (Holcombe *et al*., 2018).

جدول ٤- اثر تزریق مواد معدنی و ویتامینی در اواخر آبستنی بر شاخص‌های التهابی

Table 4- The effect of mineral and vitamin injections in late pregnancy on hormonal parameters and inflammatory indices

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی Exprimental treatments				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	سطح احتمال P-value		
	شاهد Control	مواد معدنی Minerals	ویتامین‌ها Vitamins	مواد معدنی+ویتامین‌ها Min+vit.		تیمار Treatment	زمان Time	تیمار×زمان Treatment× time
هاپتوگلوبین (میکروگرم/میلی‌لیتر) Haptoglobin (mg/ml)	101.28[a]	89.27[b]	87.51[b]	84.51[b]	1.213	<0.001	<0.001	0.059
سرم (میلی‌گرم/لیتر)Aآمیلویید Serum amyloid A (mg/l)	15.36[a]	13.10[b]	12.48[b]	11.91[c]	0.177	<0.001	<0.001	<0.001
سرولوپلاسمین (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Ceruloplasmin (mg/dl)	4.13[c]	4.53[b]	4.96[b]	5.20[a]	0.116	<0.001	<0.001	<0.001
(نانوگرم/میلی‌لیتر)Dویتامین Vitamin D (ng/ml)	88.54[b]	99.85[a]	109.29[a]	103.98[a]	0.900	<0.001	<0.001	0.274

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد (P>۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly (P<0/05).
SEM: Standard error of means

تأثیر تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی بر آنزیم‌های کبدی گاوها در جدول ۵ گزارش شده است. فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و مواد معدنی و ویتامین‌ها سبب کاهش فعالیت این آنزیم گردید (P<0.05). آنزیم‌های آسپارتات ترانس آمیناز و آلانین آمینوترانسفراز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند (P>0.05). زمان بر فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز تأثیر داشت (P<0.05)، امّا سایر فراسنجه‌ها تحت تأثیر زمان نیز قرار نگرفتند (P>0.05). تزریق کمپلکس ویتامینی (AD_3E) تأثیری بر آسپارتات ترانس آمیناز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز گوساله‌ها نداشت (Movahednasab *et al*., 2023). در پژوهشی، تزریق ویتامین A و E به گوساله‌ها تأثیری بر فعالیت آنزیم آسپارتات ترانس آمیناز نداشت (Moradian *et al*., 2016). استفاده از کمپلکس مواد معدنی و مخلوط ویتامین‌های محلول در چربی تأثیری بر آنزیم‌های کبدی گاوهای براون سوئیس نداشت (Omur *et al*., 2016). آلکالین فسفاتاز یک متالوآنزیم است که سطوح سرمی آن به‌دنبال ترشح از کبد، نشان‌دهنده مقدار تغییر نفوذپذیری غشاء و فعالیت‌های مخرب در اندام‌ها به‌هنگام تنش و التهاب می‌باشد (Nanev *et al*., 2020). کاهش آلکالین فسفاتاز و یا به عبارتی مقدار بیشتر آلکالین فسفاتاز گروه شاهد می‌تواند بیانگر این باشد که با تزریق ویتامین‌ها و مواد معدنی، دام کمتر در معرض تنش قرار گرفته و نیاز کمتری به فعالیت آنزیم کبدی برای مقابله با التهاب و تنش نسبت به گروه شاهد داشته است.

جدول ۵- اثر تزریق مواد معدنی و ویتامینی در اواخر آبستنی بر فعالیت آنزیم‌های کبدی

Table 5- The effect of mineral and vitamin injections in late pregnancy on liver enzymes activity

آنزیم‌های کبدی Liver enzymes	تیمارهای آزمایشی Exprimental treatments				خطای استاندارد	سطح احتمال P-value		
	شاهد Control	مواد معدنی Minerals	ویتامین‌ها Vitamins	مواد معدنی + ویتامین‌ها Min+vit.	میانگین‌ها SEM	تیمار Treatment	زمان Time	تیمار×زمان Treatment× time
آلکالین فسفاتاز (واحد/لیتر) Alkaline phosphatase (U/l)	127.75[a]	112.06[b]	112.69[b]	111.87[b]	0.818	<0.001	0.006	<0.001
آسپارتات ترانس آمیناز (واحد/لیتر) Aspartate trans aminase (U/l)	36.60	34.76	39.42	34.66	1.575	0.155	0.478	0.889
آلانین آمینوترانسفراز (واحد/لیتر) Alanine aminotransferase (U/l)	12.67	12.53	12.65	12.25	0.497	0.924	0.316	0.145

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد (P>۰/۰۵).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly (P<0/05).

SEM: Standard error of means

نتیجه‌گیری کلی

تزریق مواد معدنی و ویتامین‌ها در اواخر آبستنی به گاوهای شیری سبب تأثیر معنی‌دار در فراسنجه‌های آلبومین، گلوبولین، نسبت آلبومین:گلوبولین، انسولین، کاتالاز، کورتیزول، گلوتاتیون پراکسیداز، مالون دی‌آلدئید، سوپراکسیددیسموتاز، وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، هاپتوگلوبین، سرولوپلاسمین، آمیلوئید A سرم، ویتامینD و آلکالین فسفاتاز خون گاوهای دریافت‌کننده مواد معدنی و ویتامین‌ها نسبت به گروه شاهد شد. با توجه به بهبود بیشتر تزریق با هم مواد معدنی و ویتامین‌ها بر آلبومین، گلوتاتیون پراکسیداز، آمیلوئید A سرم و سرولوپلاسمین خون تیمار دریافت‌کننده، تزریق همزمان مواد معدنی و ویتامین‌ها به گاوهای اواخر آبستنی توصیه می‌گردد.

References

1. Abdelnour, S. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., Arif, M., Taha, A. E., & Noreldin, A. E. (2019). Stress biomarkers and proteomics alteration to thermal stress in ruminants: A review. *Journal of Thermal Biology*, *79*, 120-134. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.013
2. Abdolmaleki, Z., Souri, M., Moeni, M., Tohidi, A., & Chashnidel, Y. (2018). Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) Supplementation with injectable Se and VE supplement on productive performance and blood parameters of holstein dairy cows. *Journal of Ruminant Research*, *5*(4), 101-118. https://doi.org/10.22069/ejrr.2017.13635.1568
3. Abolghasemi, S., Bahrampour, J., Badakhshan, Y., Mirmahmoodi, R., & Barazandeh, A. (2023). The effect of intraperitoneal injection of vitamin C on feed intake and blood metabolites of Kermani sheep in severe heat stress. *Veterinary Research and Biological Products*, *36*(3), 2-11. https://doi.org/10.22092/vj.2022.360234.2017
4. Abuelo, A., Hernandez, J., Benedito, J. L., & Castillo, C. (2016). Association of oxidative status and insulin sensitivity in periparturient dairy cattle: An observational study. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *100*, 279-286. https://doi.org/10.1111/jpn.12365
5. Alhussien, M. N., Tiwari, S., Panda, B. S. K., Pandey, Y., Lathwal, S. S., & Dang, A. K. (2021). Supplementation of antioxidant micronutrients reduces stress and improves immune function/response in periparturient dairy cows and their calves. *Journal of Trace Element and Medicine Biology*, *65*, 126718. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126718
6. Allen, M. S., & Bradford, B. J. (2009). Control of eating by hepatic oxidation of fatty acids. *A Note of Caution. Appetite*, *53*(2), 272-273. https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.06.005
7. Asadi, M., Hatami, M., & Mohammadi Fard, H. (2025). The impacts of maternal b complex vitamin injection on goats and their offspring during the transition period. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *15*(1), 87-95. https://doi.org/10.71798/ijas.2025.1202963

8. Asadi, M., Fard, H. M., Araee, K. A., & Hatami, M. (2024a). Studying the impacts of maternal B complex vitamin injection on performance, metabolic diseases, hematological parameters, and antioxidant status in pregnant Sannen goats and their newborn kids during the transition period. *Science of the Total Environment*, *907*, 167860. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167860
9. Asadi, M., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2024b). The effect of injection of different levels of selenium and vitamin e in late pregnancy of cows on performance, thyroid hormones, some blood metabolites and skeletal growth indices of their Calves. *Iranian Journal of Applied Animal Science, 3*(14), 371-379. https://doi.org/10.71798/ijas.2024.1184799
10. Asadi, M., Ghoorchi, T., & Toghdory, A. (2024c). The effect of using different forms of chromium on hematological parameters and antioxidant status of Afshar ewes in the transition period and their lambs under the influence of heat stress. *Iranian Journal of animal Science*, *55*(3), 547-563. https://doi.org/10.22059/ijas.2024.364592.653965
11. Asadi, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2024d). The effect of maternal organic manganese supplementation on performance, immunological status, blood biochemical and antioxidant status of Afshari ewes and their newborn lambs in transition period. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *108*, 493–499. https://doi.org/10.1111/jpn.13909
12. Asadi, M., Ghoorchi, T., Toghdory, A., & Hoseini Sabeghi, H. (2021). Effect of different levels of selenium and vitamin E injection on thyroid hormones metabolism and biochemical parameters in late pregnancy of Holstein cows and their calf performance. *Iranian Journal of animal Science*, *52*(3), 189-201. https://doi.org/10.22059/ijas.2021.325212.653832
13. Bates, A. J., Wells, M., Fitzpatrick, C., & Laven, R. A. (2025) Effect of a pre-calving injectable trace mineral supplement on white blood cell function in seasonally calving pastoral dairy cows. *New Zealand Veterinary Journal*, *73*(2), 87-99. https://doi.org/10.1080/00480169.2024.2417925
14. Bernabucci, U., Ronchi, B., Lacetera, N., & Nardone, A. (2002). Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. *Journal of Dairy Science*, *85*, 2173-2179. https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74296-3
15. Bernabucci, U., Ronchi, B., Lacetera, N., & Nardone, A. (2005). Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *88*, 2017–2026. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72878-2
16. Bertoni, G., Minuti, A., & Trevisi, E. (2015). Immune system, inflammation and nutrition in dairy cattle. *Animal Production Science*, *55*, 943–948. http://dx.doi.org/10.1071/AN14863
17. Bradford, B. J., Yuan, K., Farney, J. K., Mamedova, L. K., & Carpenter, A. J. (2015). Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. *Journal of Dairy Science*, *98*, 6631–6650. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9683
18. Ceciliani, F., Ceron, J. J., Eckersall, P. D., & Sauerwein, H. (2012). Acute phase proteins in ruminants. *Journal of Proteomics*, *75*, 4207–4231. https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.004
19. Chandra, G., Aggarwal, A., Singh, A., & Kumar, M. (2014). Effect of vitamin E and zinc supplementation on liver enzymatic profile of pre-and post-partum Sahiwal cows. *The Indian Journal of Animal Sciences*, *84*(5), 507-510. https://doi.org/10.56093/ijans.v84i5.40650
20. Coleman, D. N., Alharthi, A. S., Liang, Y., Lopes, M. G., Lopreiato, V.,Vailati-Riboni, M., & Loor, J. J. (2021). Multifaceted role of one-carbon metabolism on immunometabolic control and growth during pregnancy, lactation and the neonatal period in dairy cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *12*(1), 1–28. https://doi.org/10.1186/s40104-021-00547-5
21. Erb, C., Staudt, N., Flammer, J., & Nau, W. (2004). Ascorbic acid as a free radical scavenger in porcine and bovine aqueous humour. Ophtalmic. *Research*, *36*, 38-42. https://doi.org/10.1159/000076108
22. Ghasemi, E., Safari Foroshani, M. H., Alikhani, M., & Shirani-Shamsabadi, J. (2019). Metabolic profile and antioxidative status, body weight, and performance of dairy cows in the periparturient period. *Iranian Journal of Animal Science*, *50*(3), 171-184. https://doi.org/10.22059/ijas.2019.282022.653709
23. Giuliodori, M., Magnasco, R. P., Becu-Villalobos, D., Lacau-Mengido, I. M., Risco, C. A., & de la Sota, R. L. (2013). Clinical endometritis in an Argentinean herd of dairy cows: Risk factors and reproductive efficiency. *Journal of Dairy Science*, *96*, 210-218. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5682
24. Gropper, S. S., Smith, J., & Groff, J. (2005). Advanced Nutrition and Human Metabolism: Copper transport and uptake. 4th Ed. Wadsworth. Belmont, CA. 449-451.
25. Han, M. S., White, A., Perry, R. J., Camporez, J. P., Hidalgo, J., Shulman, G. I., & Davis, R. J. (2020). Regulation of adipose tissue inflammation by interleukin 6. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *117*, 2751–2760. https://doi.org/10.1073/pnas.1920004117
26. Hassanabadi, M., Mohri, M., & Seifi H. A. (2021). Effects of single injection of vitamin D_3 on some immune and oxidative stress characteristics in transition dairy cows. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*, *12*(2), 25-35. https://doi.org/M10.22067/ijvst.2020.39239

27. Holcombe, S. J., Wisnieski, L., Gandy, J., Norby, B., & Sordillo, L. M. (2018). Reduced serum vitamin D concentrations in healthy early-lactation dairy cattle. *International Journal of Dairy Science*, *3*, 1–7. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13547
28. Horst, E. A., Kvidera, S. K., & Baumgard, L. H. (2021). Invited review: The influence of immune activation on transition cowhealth and performance—A critical evaluation of traditional dogmas. *Journal of Dairy Science*, *104*, 8380–8410. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20330
29. Kafilzadeh, F., Shabankareh, H. K., & Targhibi, M. R. (2012). Effect of chromium supplementation on productive and reproductive performances and some metabolic parameters in late gestation and early lactation of dairy cows. *Biological Trace Element Research*, *149*, 42-49. https://doi.org/10.1007/s12011-012-9390-0
30. Kegley, E. B., Ball, J. J., & Beck, P. (2016). Impact of mineral and vitamin status on beef cattle immune function and health. *Journal of Animal Science*, *94*, 59–69. https://doi.org/10.2527/jas.2016-0720
31. Khan, M. Z., Huang, B., Kou, X., Chen, Y., Liang, H., Ullah, Q., Khan, I. M., Khan, A., Chai, W., & Wang, C. (2024). Enhancing bovine immune, antioxidant and anti-inflammatory responses with vitamins, rumen-protected amino acids, and trace minerals to prevent periparturient mastitis. *Front Immunology*, *14*, 1290044. https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1290044
32. Khansari, D. N., Murgo, A. J., & Faith, R. E. (1990). Effects of stress on the immune system. *Immunology Today*, *11*, 170-175. https://doi.org/10.1016/0167-5699(90)90069-l
33. McGuckin, M. M., Giesy, S. L., Overton, T. R., & Boisclair, Y. R. (2023). Inflammatory tone in liver and adipose tissue in dairy cows experiencing a healthy transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Dairy Science*, *106*(11), 8122–8132. https://doi.org/10.3168/jds.2023-23373
34. Medzhitov, R. (2008). Origin and physiological roles of inflammation. *Nature*, *454*, 428–435. https://doi.org/10.1038/nature07201
35. Moradian, M., Rahchmani, R., Banihasan, E., Gharebash, A. M., & Zeighamy, A., (2016). The effect of injection of vitamins A and E on passive transfer of immunoglobulin G and some blood parameters in calf. *Journal of Ruminant Research*, *4*(2). (In Persian)
36. Mousavi, S. R., Fatahnia, F., Taasoli, G., & Mohammadi. Y. (2022). Peripartum injection of vitamins (E and B12) and trace minerals (Selenium and Iron) in Holstein dairy cows: Effect on milk production and composition, body condition score and serum metabolites. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *12*(2), 255-269. https://dorl.net/dor/20.1001.1.2251628.2022.12.2.5.6
37. Movahednasab, M., Tahmasebi, A., Vakili, S. A., & Naserian, A. A. (2023). The effect of fat-soluble vitamins (A, D, E) and flaxseed oil on blood parameters and immune system of suckling calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *15*(2), 137-150. https://doi.org/10.22067/ijasr.2022.75288.1067
38. Nanev, V., Vladov, I., & Kirazov, L. (2020). Serum trace elements and enzymes in lambs with introduced haemonchosis. *Acta Morphologica et Anthropologica*, *27*(3-4), 43-48.
39. Nasr Chaleshtori, P., Fadayifar, A., Azizi, A., & Azarfar, A. (2021). The effect of slow-release bolus of copper on performance and some blood metabolites of Lori-Bakhtiari pregnant ewes and their lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *13*(2), 193-205. https://doi.org/10.22067/ijasr.v13i2.86149
40. Nelson, T. M., Kerwin, A. L., Ferro, L. N., Ryan, C. M., Graef, G. M., Westhoff, T. A., Sipka, A. S., Barbano, D. M., Stone, B., Yoon, I., & Overton, T. R. (2022). Relationships of blood-based indices of liver health during the transition period with performance and health. *Journal of Dairy Science*, *105*(Suppl. 1), 266. (Abstr.)
41. Newton, K., & Dixit, V. M. (2012). Signaling in innate immunity and inflammation. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, *4*, a006049. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a006049
42. Omur, A., Kirbas, A., Aksu, E., Kandemir, F., Dorman, E., Kaynar, O., & Ucar, O. (2016). Effects of antioxidant vitamins (A, D, E) and trace elements (Cu, Mn, Se, Zn) on some metabolic and reproductive profiles in dairy cows during transition period. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, *19*(4), 697-706. https://doi.org/10.1515/pjvs-2016-0088
43. Ongan, D., & Yuksel, A. (2017). What to eat for a better sleep in haemodialysis patients: Potential role of B vitamins intake and appetite. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, *33*(2), 417-424. https://doi.org/10.12669/pjms.332.11838
44. Panahi Dorcheh, Z., Aliarabi, H., Farahavar, A., Maleki, M., & Yazdani, H. (2018). The effect of selenium and vitamin E injection times in late pregnant ewes on thyroid hormones metabolism, ewe's blood biochemical parameters and their lambs performance after birth. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *9*(4), 400-412. https://doi.org/10.22067/ijasr.v9i4.59749
45. Senthilkumar, P., Nagalakshmi, D., Reddy, Y. R., & Sudhakar, K. (2009). Effect of different level and source of copper supplementation on immune response and copper dependent enzyme activity in lambs. *Tropical Animal Health and Production*, *41*, 645-653. https://doi.org/10.1007/s11250-008-9236-0
46. Shahbazi, F., Fatahnia, F., Shamsollahi, M., Jafari, H., & Mohammadi, Y. (2024). Effect of time and amount of vitamin AD_3E injection in late pregnancy on colostrum quality, concentration of plasma parameters, and antioxidant status of Afshari ewes and their lambs. *Animal Production Research*, *13*(1), 49-67.

https://doi.org/10.22124/ar.2024.26232.1807
47. Sharokhian Rezaee, M., Riasi, A., Ansari Mahyari, S., Khorvash, M., & Khorsandi, S. (2015). Effect gnrh, hcg and ad3e injection on reproductive performance and blood metabolites and progesterone of high producing dairy cows in summer season. *Animal Science Research*, *25*(2), 97-107.
48. Shen, X., Song, C., & Wu, T. (2021). Effects of nano-copper on antioxidant function in copper deprived Guizhou black goats. *Biological Trace Element Research*, *199*(6), 2201-2207. https://doi.org/10.1007/s12011-020-02342
49. Silva, T. H., Guimaraes, I., Menta, P. R., Fernandes, L., Paiva, D., Ribeiro, T. L., Celestino, M. L., Netto, A. S., Ballou, M. A., & Machado, V. S. (2022). Effect of injectable trace mineral supplementation on peripheral polymorphonuclear leukocyte function, antioxidant enzymes, health, and performance in dairy cows in semi-arid conditions. *Journal of Dairy Science*, *05*(2), 1649-1660. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20624
50. Somagond, Y. M., Alhussien, M. N., & Dang, A. K. (2023). Repeated injection of multivitamins and multiminerals during the transition period enhances immune response by suppressing inflammation and oxidative stress in cows and oxidative stress in cows and their calves. *Frontiers in Immunology*, *14*, 1059956. https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1059956
51. Sordillo, L. M., & Aitken, S. L. (2009). Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, *128*(1-3), 104–109. https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.305
52. Suttle, N. (2010). Mineral Nutrition of Livestock, fourthed., CABInternational, Wallingford, UK, p. 579
53. Toghdory, A., Asadi, M., Ghoorchi, T., & Hatami, M. (2023). Impacts of organic manganese supplementation on blood mineral, biochemical, and hematology in Afshari Ewes and their newborn lambs in the transition period. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *79*, 127215. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127215
54. Weiss, W. P. (2010). Antioxidant nutrients and milk quality. Extension Americas Research based learning network. July, 19.
55. Wysocka D., Snarska A., & Sobiech P. (2019). Copper – An essential micronutrient for calves and adult cattle. *Journal of Elementology*, *24*(1), 101-110. https://doi.org/10.5601/jelem.2018.23.2.1645.